

---

## Gerät und Anordnung zum Vertropfen von Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität

---

### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Gerät mit dessen Hilfe Tropfen aus Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität erzeugt werden können. Kernstück dieser Anordnung sind Luftdüsen verschiedener Bauart ohne bewegte Teile. Durch seinen modularen Aufbau kann die Apparatur je nach Bedarf mit jeder der Düsen und unterschiedlichen Einzelkomponenten berleben werden was eine maximale Flexibilität gewährleistet.

In der technologischen Praxis ist es häufig erforderlich, Einzeltropfen aus verschiedenen Flüssigkeiten zu erzeugen. Die einfachste und verbreitetste Methode dies zu erreichen, ist das Versprühen mittels geeigneter Düsen. Solche Düsen werden in einer sehr großen konstruktiven Vielfalt kommerziell angeboten. Die Palette reicht vom einfachen Brausenkopf oder Rasensprenger bis hin zu den Hightech Entwicklungen aus den Bereichen Maschinenbau oder Farben und Lacke. Alle diese Systeme sind so konstruiert, dass sie einen Sprühnebel oder zumindest einen Sprühstrahl erzeugen, der aus unzähligen Tropfen besteht, die jedoch einzeln weder beeinflussbar noch näher definierbar sind.

Will man jedoch genau definierte Tropfen erzeugen, um auf diese Weise durch chemisches oder physikalisches Aushärten sphärische Partikel zu erhalten, sind die o.g. Systeme aufgrund ihrer Ungenauigkeit im Hinblick auf die generierten Einzeltropfen unbrauchbar. Für solche Zwecke werden Anordnungen eingesetzt, die in der Lage sind, präzise Flüssigkeitsstrahlen zu erzeugen, die nachträglich in Einzeltropfen definierter Größen aufgelöst werden.

Bei all diesen Systemen werden die Flüssigkeitsstrahlen durch Pressen der flüssigen Ausgangsstoffe durch Kapillaröffnungen erzeugt. Unterschiede tauchen lediglich bei den Verfahren auf, durch die diese Strahlen in Einzeltropfen zerlegt werden.

Die Methoden hierfür können in zwei große Gruppen unterteilt werden:

1. Verfahren bei denen der Flüssigkeitsstrahl außer seiner axialen auch noch andere Bewegungen wie Rotation oder Schwingung erfährt und
2. Verfahren bei denen der Flüssigkeitsstrahl außer seiner axialen Fließbewegung keine zusätzliche Bewegung erfährt.

Bei der ersten Kategorie wird der Strahl durch Zentrifugalkräfte bzw. durch Resonanzschwingungen aufgelöst, bei der zweiten durch die axiale Einwirkung zusätzlicher in der Regel gasförmiger Medien. Die vorliegende Erfindung reiht sich die zweite Gruppe ein.

In der Fachliteratur findet man an vielen Stellen Systeme, die der Erzeugung von Einzeltropfen aus Flüssigkeiten dienen. Nachfolgend seien nur einige stellvertretend erwähnt.

So beschreiben beispielsweise F. Lim und A. Sun in der Zeitschrift "Science" Band 210, Seiten 908-910, Jahrgang 1980 eine Methode, die Kapillaren verwendet, bei denen der Tropfen über einen Luftstrom abgerissen wird. Man erhält so Kapselgrößen zwischen ca. 200 µm und ca. 2 mm mit einer sehr engen Größenverteilung. In dieser Veröffentlichung geht es jedoch in erster Linie um eine Methode zur Verkapselung von Zellen, eine komplette Laborapparatur zur Tropfenerzeugung ist darin nicht enthalten

Ein anderes Verfahren zur Tropfenerzeugung ist jenes, das in der Patentanmeldung DE 3836894 beschrieben wird. Hier werden mehrere Kapillaren in Schwingung versetzt, was zu einem Zerteilen der Flüssigkeitsstrahlen in Einzeltropfen führt. Die erhaltenen Kapseln haben auch hier Durchmesser zwischen ca. 200 µm und ca. 2 mm, wobei die Produktivität deutlich höher als bei den o.g. Düsen ist, jedoch bei einer viel breiteren Größenverteilung. Auch erfordert das System bei jeder neuen Anwendung eine Neujustierung.

Alle diese Systeme bedienen sich immer nur einer Vorrichtung zur Tropfenerzeugung, die oft auch bewegte Teile enthält. Dadurch wird die Flexibilität stark eingeschränkt oder der Aufwand für Wartung und Handhabung steigt.

Ausgehend von dieser Sachlage liegt der Erfindung die Aufgabe zu grunde, ein Gerät zu beschreiben, das es aufgrund seines modularen Aufbaus erstmals in der Lage ist, ohne die o.g. Nachteile aus Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität Tropfen in einem weiten Größenbereich mit einer engen Verteilung herzustellen. Die einzelnen Komponenten und die Vorrichtungen zur Tropfenerzeugung sind so aufeinander abgestimmt, dass sie innerhalb der Anordnung ausgetauscht werden können.

Erfindungsgemäß gliedert sich das Gerät oder die Anordnung in zwei Abschnitte der Düse, die unterschiedlicher Bauart sein kann und der Peripherie mit zusätzlichen Steuerungskomponenten, die der Medienversorgung und Ansteuerung der Düse dient.

In Fig. 1 und Fig. 2 sind unterschiedliche Typen von Düsen dargestellt, die alle mit entsprechender Peripherie im Gerät eingesetzt werden können. Sie bestehen beispielsweise aus Edelstahl, einem anderen Metall oder Kunststoffen, die entsprechend bearbeitet werden können und/oder aus einer Kombination von Metallen und Kunststoffen. Fig. 4a, Fig. 4b, und Fig. 5 zeigen mehrere Anordnungen von Zusatzkomponenten des Gerätes, die der Medienversorgung und der Ansteuerung der Düsen dienen. In Fig. 3 ist das Messrohr im Detail widergegeben, mit dessen Hilfe Luftströme im Inneren der Anordnung gemessen werden.

Fig. 1 zeigt eine sogenannte Zweistoffdüse. Das Funktionsprinzip dieser Düse ist literaturbekannt. Erfindungsgemäß wurde sie jedoch so modifiziert, dass eine äußerst präzise Justierung der zentralen Kapillare möglich ist. Auf diese Weise wird eine extrem enge Größenverteilung der Tropfen erreicht. Die Düse funktioniert folgendermaßen: Das zu vertropfende Material wird durch eine zentral angeordnete Kapillare gepresst wodurch am unteren Düsenende ein Flüssigkeitsstrahl entsteht. Zu vor wird mit der Justierschraube D die Kapillar-

austrittsöffnung in Bezug auf den Düsenkörper (Teil A) eingestellt und mit dem Feststellring C fixiert. Eine Zentrierung der Kapillare wird durch die 3 Zentrierschrauben erreicht. Bläst man über den Zuleitungsstutzen F Luft oder ein anderes Gas in den Düsenkörper wird diese konzentrisch zur Kapillare am unteren Düsenende austreten, da die Dichtung E den Hohlraum im Inneren des Düsenkörpers nach oben hin verschließt. Dieser Luftstrom bewirkt einen definierten Tropfenabriss wobei die Tropfengröße im umgekehrten Verhältnis zum Luftstrom steht. Durch Herausdrehen von Teil B und Entfernen der Dichtung E erhält man Zugang zum Hohlraum im Inneren des Teils A wodurch die Düse einfach gereinigt werden kann.

Die zu dieser Düse gehörende Peripherie ist auf die Düse abgestimmt und in Fig. 4a dargestellt. Über ein Regel- und Steuergerät, das ein Druckregelventil DR, ein Manometer und eine Absperrventil BV enthält wird ein Vorratsbehälter mit Druck beaufschlagt. Dieser Behälter enthält das zu vertropfende flüssige Material. Durch die Druckeinwirkung wird die Flüssigkeit durch die Kapillare der Düse gepresst. Der Luftstrom, der den Tropfenabriss an der Kapillare steuert wird mit dem Regelventil RV eingestellt und mit dem Messrohr aus Fig. 3 gemessen. Im Inneren des Messrohres wird durch eine Querschnittsverengung ein Druckunterschied erzeugt, der abhängig vom Luftfluss ist, der das Rohr durchströmt. Dieser Druckunterschied wird von einem Differenzdruckmessgerät erfasst, das an die beiden Messstutzen des Rohres angeschlossen ist.

Alternativ zu der in 4a beschriebenen Anordnung, die mit einem kontinuierlichen Flüssigkeitsstrahl arbeitet ist, kann wie in Fig. 4b dargestellt der aus dem Vorratsbehälter kommende Flüssigkeitsstrom auch gepulst werden. Dies wird durch ein in der Zuleitung zwischengeschaltetes Ventil (Normzustand offen) erreicht, das von einem Frequenzgenerator angesteuert wird. Auf diese Weise wird bei Medien mit ungünstiger Oberflächenspannung eine saubererer Tropfenabriss erreicht.

Verwendet man in der Anordnung die in Fig. 2 dargestellte Düse ist es möglich Tropfen zu erzeugen, die in ihrem Inneren eine zweite, mit den Tropfen nicht

mischbare Flüssigkeit enthalten. Auch dieses Funktionsprinzip ist mehrfach in der Literatur beschrieben. Durch die erfindungsgemäßen Modifikationen und den Gesamtaufbau der aus der Düse aus Fig. 1 abgeleitet ist, gewinnt die Düse an Zuverlässigkeit und Flexibilität. Zu diesem Zweck wurde der Düsenkörper A aus Fig. 1 so verändert, dass er in seinem vorderen Teil ein Rohr bildet in dessen Inneren sich die Kapillare befindet. Um diese beiden konzentrischen Röhren (Kapillare und Teil A) wurde ein weiteres Teil G gelegt in das über F die Luft eingeblasen wird, die den Tropfenabriss wie bei Fig. 1 steuert. Presst man nun durch die Kapillare die erste Flüssigkeit und durch den Schlauchanschluss an Teil A die zweite Flüssigkeit entstehen an der den Austrittöffnungen der beiden konzentrischen Röhren Tropfen mit der zweiten Flüssigkeit in ihrem Inneren.

Um eine solche Düse ansteuern zu können, muss das Gerät, das dieser Erfindung zu Grunde liegt gegenüber der in Fig. 4a beschriebenen Anordnung um einen zweiten Druckbehälter und ein zweites Regel- und Stergerät erweitert werden. Dieser neue Aufbau ist in Fig. 5 gezeigt. Die Funktionsweise der einzelnen Teile entspricht der aus Fig. 4a.

### Patentansprüche

1. Gerät zur Erzeugung von Einzeltropfen aus Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität mit austauschbaren Düsen  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das zu vertropfende Material aus mindestens einem Behälter mittels Druckluft durch mindestens eine Kapillare im inneren einer Düse gepresst wird und der Tropfenabriss über einen Luftstrom erfolgt, der in der Düse konzentrisch zur Kapillare geleitet wird.
2. Gerät nach Anspruch 1, das nach einem Verfahren nach Anspruch 1 arbeitet,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
dieses eine oder mehrere der folgenden Hauptkomponenten aufweist:
  - Düse
  - Vorratsbehälter für das zu vertropfende Material
  - Regel und Steuergerät für das Beaufschlagen des Vorratsbehälters mit Druckluft
  - Regel und Steuerelemente zur Regulierung des konzentrischen Luftstroms der in der Düse den Tropfenabriss bewirkt.
3. Gerät nach Anspruch 1 bis 2  
dadurch gekennzeichnet, dass  
dieses gemäß Fig. 4a arbeitet und/oder seine Komponenten gemäß Fig. 4a angeordnet und/oder miteinander verbunden sind.
4. Gerät nach Anspruch 1 bis 3  
dadurch gekennzeichnet, dass  
dieses gemäß Fig. 4b arbeitet und/oder seine Komponenten gemäß Fig. 4b angeordnet und/oder miteinander verbunden sind.
5. Gerät nach Anspruch 1 bis 4  
dadurch gekennzeichnet, dass

dieses gemäß Fig. 5 arbeitet und/oder seine Komponenten gemäß Fig. 5 angeordnet und/oder miteinander verbunden sind.

6. Gerät nach Anspruch 1 bis 5  
dadurch gekennzeichnet, dass  
dieses eine Düse enthält, die gemäß Fig. 1 arbeitet und/oder deren Komponenten gemäß Fig. 1 aufgebaut, angeordnet und/oder miteinander verbunden sind.
7. Gerät nach Anspruch 1 bis 6  
dadurch gekennzeichnet, dass  
dieses eine Düse enthält, die gemäß Fig. 2 arbeitet und/oder deren Komponenten gemäß Fig. 2 aufgebaut, angeordnet und/oder miteinander verbunden sind.
8. Gerät nach Anspruch 1 bis 7  
dadurch gekennzeichnet, dass  
dieses ein Messrohr enthält, das gemäß Fig. 3 arbeitet und/oder dessen Komponenten gemäß Fig. 3 aufgebaut, angeordnet und/oder miteinander verbunden sind.
9. Gerät nach Anspruch 1 bis 8  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die gebildeten Tropfen chemisch, z. B. durch den Einfluss von Salzen gefällt werden können.
10. Gerät nach Anspruch 1 bis 9  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die gebildeten Tropfen physikalisch, z.B. durch Temperaturänderung gefällt werden können.
11. Gerät nach Anspruch 1 bis 10  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die gefällten Tropfen das zu immobilisierende Material enthalten.

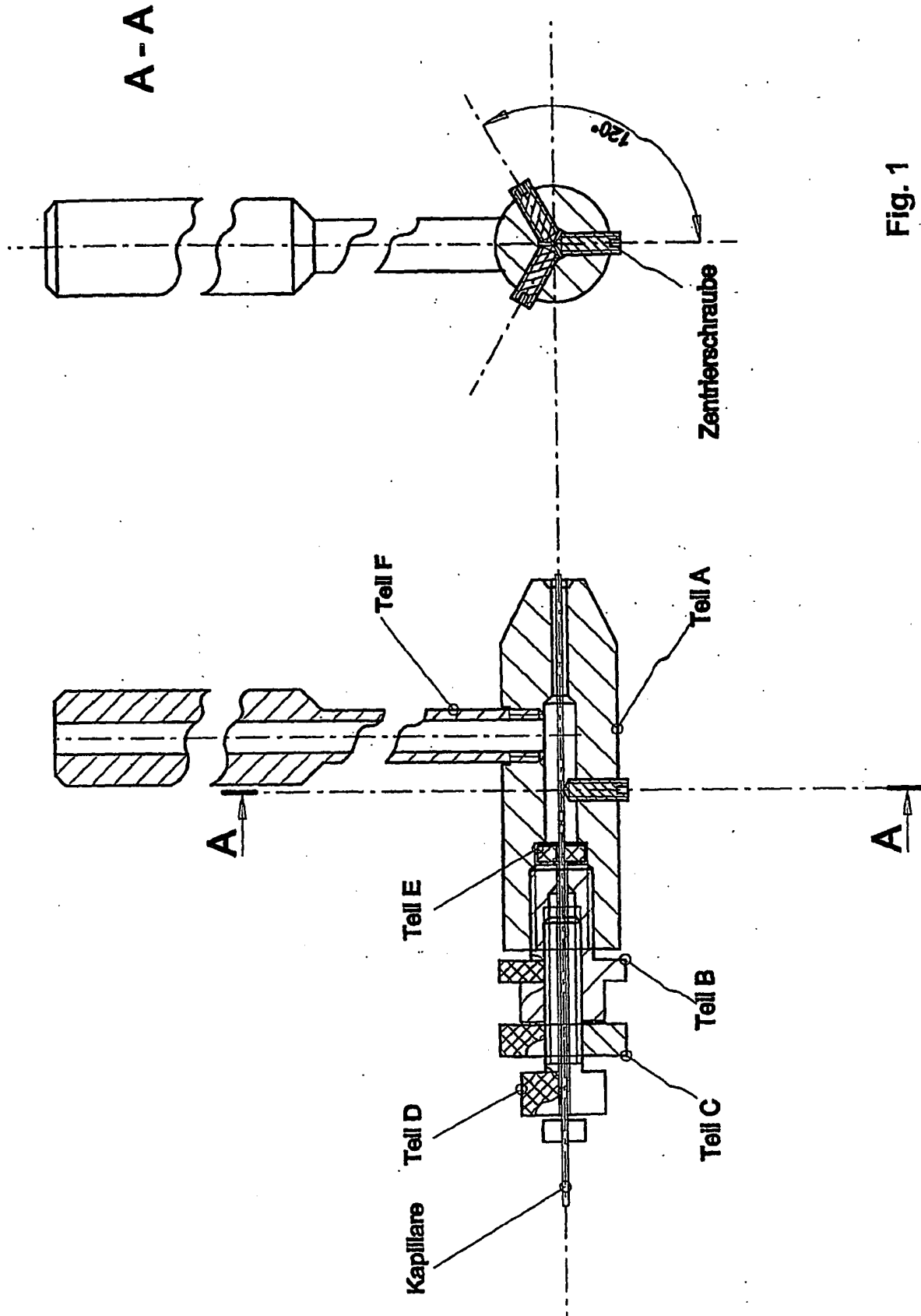


Fig. 1



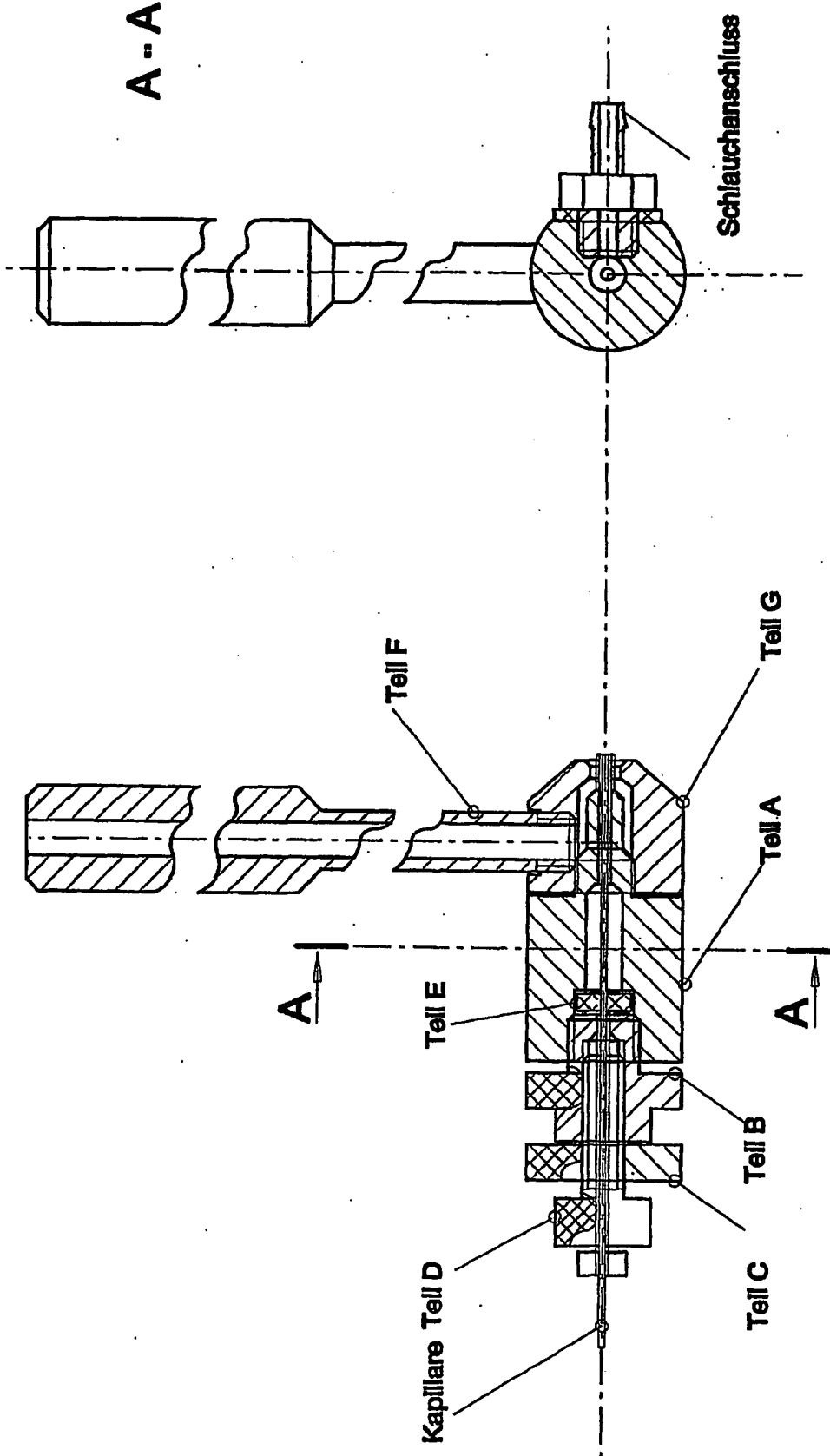


Fig. 2

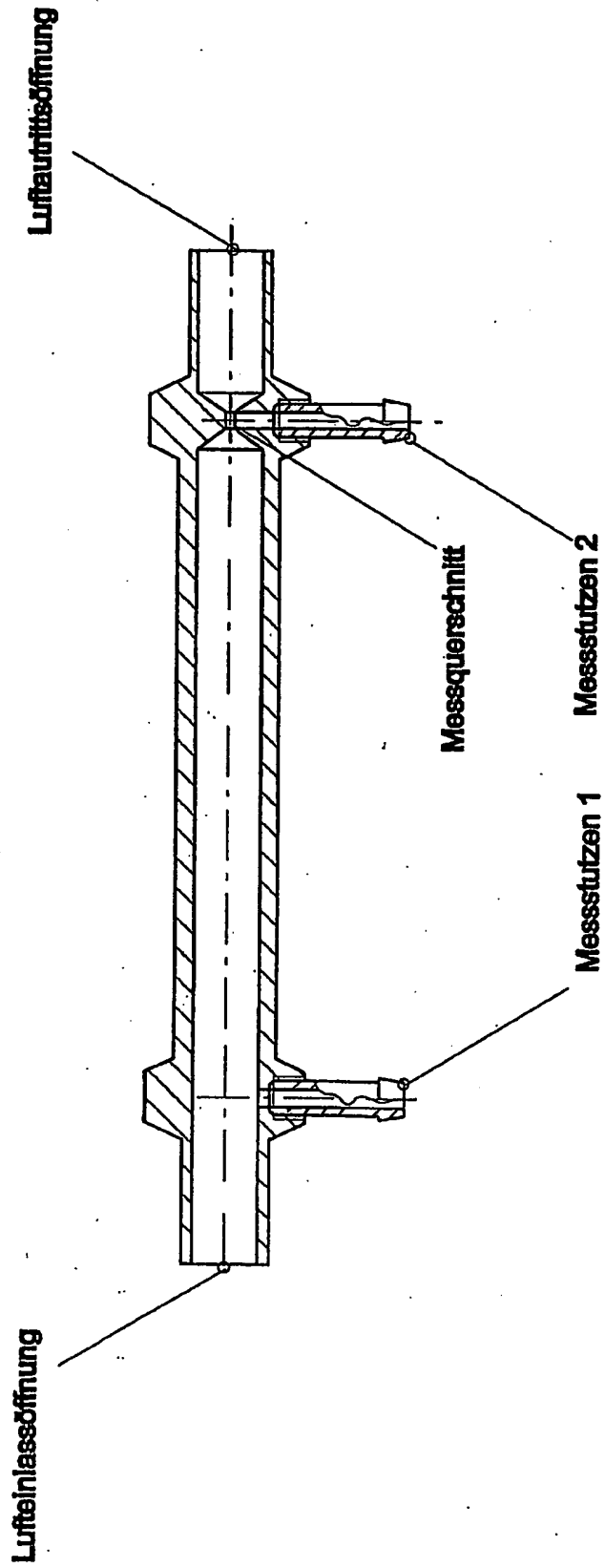


Fig. 3

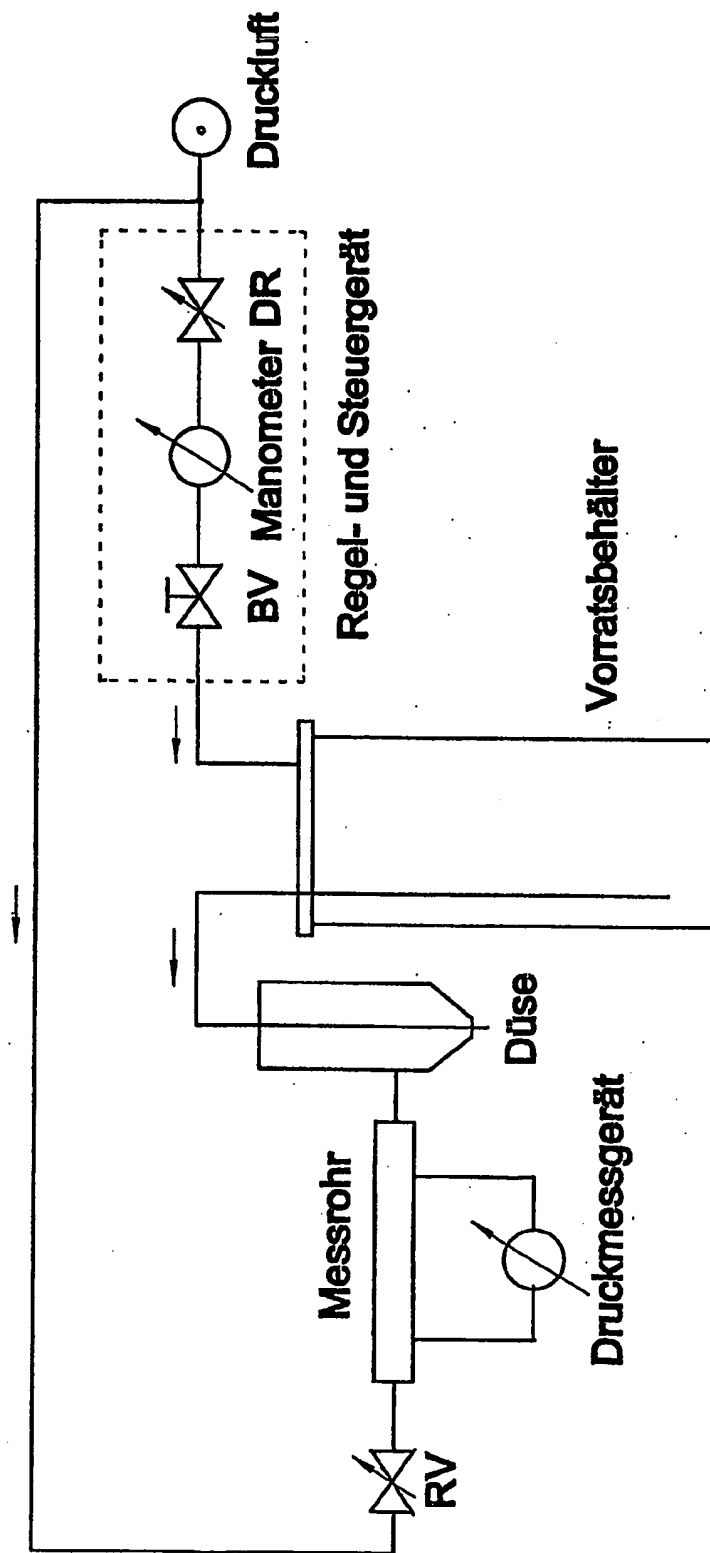


Fig. 4a

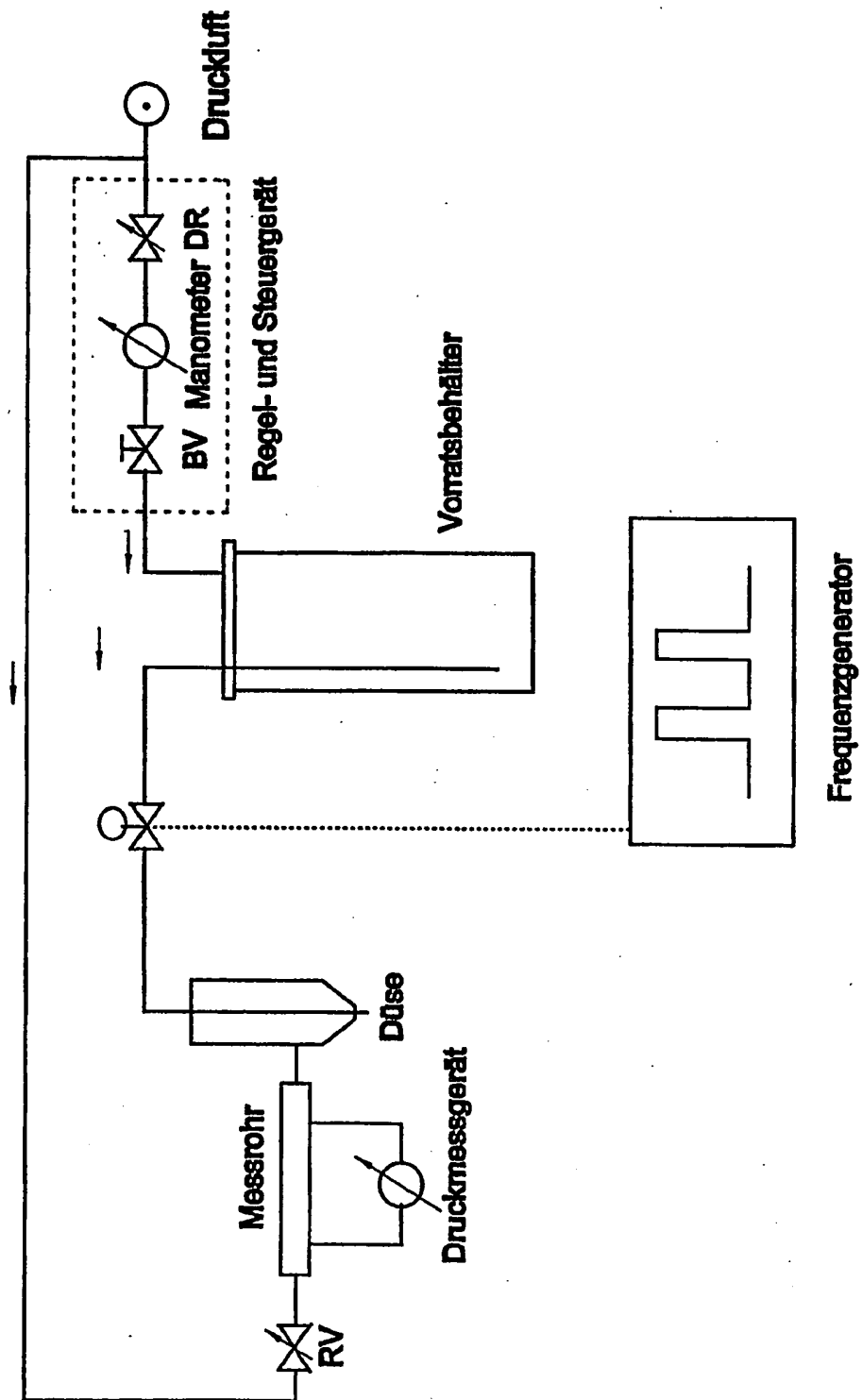


Fig. 4b

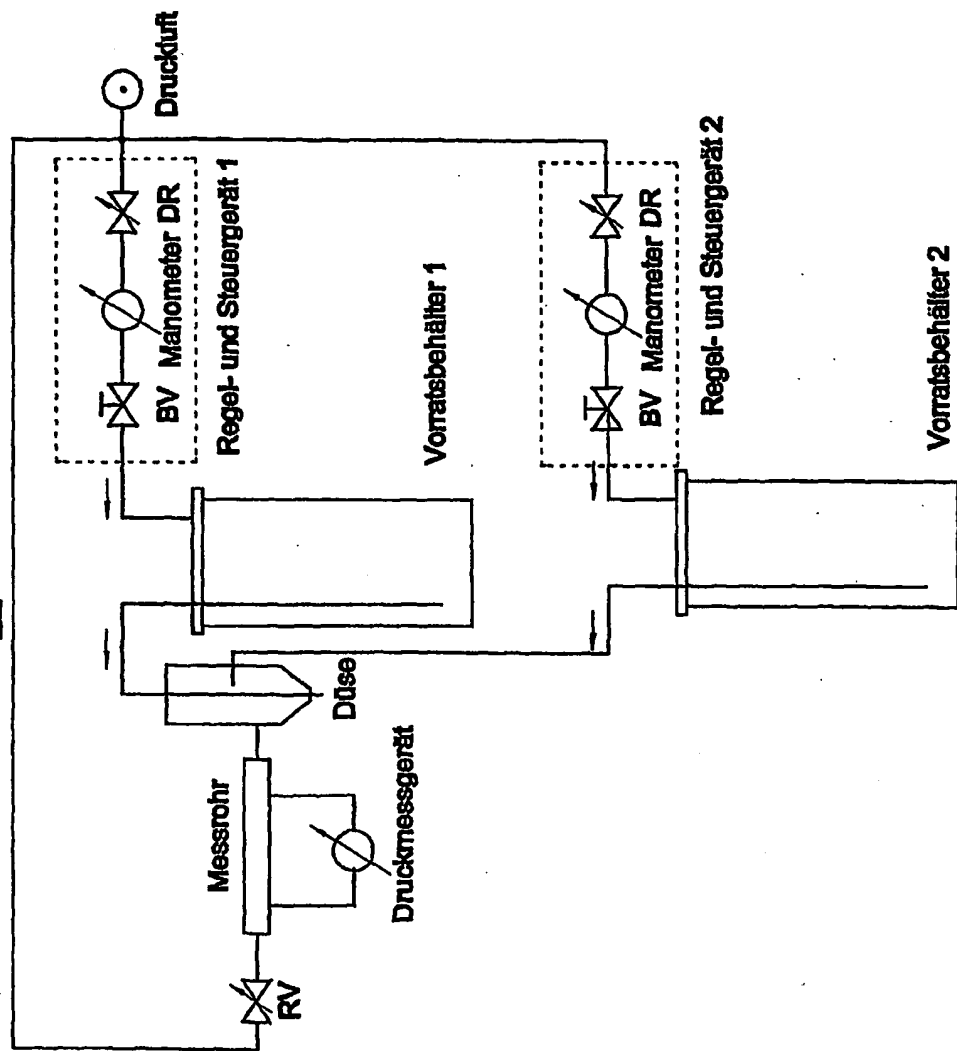


Fig. 5